

Aus dem Institut für Parasitologie
des Fachbereiches Veterinärmedizin
der Freien Universität Berlin
Direktor: Prof. Dr. J. Boch

Untersuchungen über die Beeinflussung der Lebenszyklen
von RHIPICEPHALUS BURSA (Canestrini u. Fanzago, 1877),
HYALOMMA ANATOLICUM EXCAVATUM (Koch, 1844) und
BOOPHILUS ANNULATUS (Say, 1821) durch unter-
schiedliche Temperaturen.

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Grades eines
Doktors der Veterinärmedizin
an der Freien Universität Berlin

vorgelegt von
Hilmar Becker
Tierarzt aus Lübeck
Berlin 1972
Journal Nr. 786

Aus dem Institut für Parasitologie
des Fachbereiches Veterinärmedizin
der Freien Universität Berlin
Direktor: Prof. Dr. J. Boch

Untersuchungen über die Beeinflussung der Lebenszyklen
von RHIPICEPHALUS BURSA (Canestrini u. Fanzago, 1877),
HYALOMMA ANATOLICUM EXCAVATUM (Koch, 1844) und
BOOPHILUS ANNULATUS (Say, 1821) durch unter-
schiedliche Temperaturen.

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Grades eines
Doktors der Veterinärmedizin
an der Freien Universität Berlin

vorgelegt von
Hilmar Becker
Tierarzt aus Lübeck
Berlin 1972
Journal Nr. 786

Gedruckt mit Genehmigung des Fachbereiches
Veterinärmedizin der Freien Universität Berlin

Vorsitzender: Prof. Dr. H.-J. Sinell

Referent: Prof. Dr. J. Boch

Korreferent: Prof. Dr. F. Hörchner



Tag der mündlichen Prüfung: 12.7.1972

Inhaltsverzeichnis

	Seite
I. Einleitung	2
II. Ökologische Angaben über Rhipicephalus bursa, Hyalomma a. excavatum, Boophilus annulatus und andere Ixodiden (anhand der Literatur)	3
III. Eigene Untersuchungen	11
A. Material und Methodik	11
B. Ergebnisse	13
a) Versuche in Ausläufen	13
b) Versuche in Ställen bzw. im Labor	19
c) Versuche an Zecken im Klimaschrank	20
IV. Besprechung der Ergebnisse	24
V. Zusammenfassung / Summary	28
VI. Literaturverzeichnis	30
Lebenslauf	

I. Einleitung

Zecken verursachen in den Tropen und Subtropen unter Wild-, Nutz- und Haustieren durch Blutentzug, Erzeugung von Toxikosen, sowie durch Übertragung von Krankheitserregern erhebliche wirtschaftliche Schäden. Deshalb bedürfen die sich mehrenden Berichte über die Einschleppung tropischer und subtropischer Zeckenarten in Länder mit gemäßigten Klimaten einer experimentellen Überprüfung.

Über den Einfluß von Umweltkomponenten auf den Entwicklungszyklus tropischer und subtropischer Zecken in gemäßigten Klimaten liegen keine eingehenden Untersuchungen vor. Ich erhielt daher die Aufgabe, durch Untersuchungen im Freien, im Stall und im Labor den Einfluß variierender Temperaturen auf die Entwicklung von 3 aus subtropischen Gebieten stammenden Zeckenarten festzustellen. Es sollte damit gleichzeitig die Möglichkeit der Manifestation dieser Zecken in Mitteleuropa geklärt werden.

II. Ökologische Angaben über Rhipicephalus bursa, Hyalomma a. excavatum, Boophilus annulatus und andere Ixodiden (anhand der Literatur)

Die Verbreitung von Zecken hängt nach THEILER (1948) und GOTHE (1967) von folgenden limitierenden Faktoren ab:

- a) der Beschaffenheit des Bodens: Struktur, pH-Bereich, Feuchtigkeit und Temperatur;
- b) der Intensität und Dauer der Sonneneinstrahlung;
- c) der Lufttemperatur sowie der Stärke und Dauer der Frostperioden;
- d) der Regenmenge und ihrer zeitlichen Verteilung;
- e) den Vegetationstypen einer Region als Summe der klimatischen und physiographischen Faktoren.

Versuche über den Einfluß besonders niedriger Temperaturen auf *Dermacentor variabilis* unternahmen KNIPLING und SULLIVAN (1957). Das Untersuchungsziel war, Möglichkeiten der Verschleppung von Zecken durch ihren Transport in ungeheizten Frachträumen von Flugzeugen zu überprüfen. Dabei beobachteten sie, daß Exemplare von *Dermacentor variabilis*, Temperaturen von -10°C und -20°C ausgesetzt, eine Stunde lang überlebten. In einem weiteren Versuch zeigte sich, daß die dort verwendeten Zeckenchargen des gleichen Stammes bei -30°C schon innerhalb einer Stunde starben.

Wie die genannten Autoren schon ausführten, ist die umfassende Kenntnis von der Summe der Umweltkomponenten im natürlichen Verbreitungsgebiet der zu untersuchenden Art die wesentliche Voraussetzung zur Beurteilung des Einflusses jedes einzelnen ökologischen Faktors auf die Entwicklung verschiedener Stadien einer Ixodiden-Spezies.

Für *Rhipicephalus bursa* (Canestrini u. Fanzago, 1877) liegt eine Anzahl von Berichten vor, die über die ökologischen Verhältnisse in ihrem natürlichen Verbreitungsgebiet Auskunft geben. So parasitiert nach FELDMAN - MUHSAM (1953) diese zweiwirtige Schildzecke vor allem an kleinen Wiederkäuern sowie an Rind, Pferd und Kaninchen. Über die

klimatischen Faktoren, die die Entwicklung dieser Art begünstigen, berichtet BABOS (1964). Danach tritt sie besonders in mildem oder warmem Seeklima auf. Dagegen soll sich allzu feuchtes oder sehr trockenes Klima hemmend auf ihre Entwicklung auswirken. Ihr Vorkommen liegt im mediterranen Gebiet (AESCHLIMANN und M., 1968), in Ostafrika, im Süden und Südwesten der Sowjetunion (BABOS, 1964) sowie in Jugoslawien an der Grenze zu Ungarn. EICHLER (1968) schließt daraus, daß die Zecke in Mitteleuropa zu erwarten sei. In der UdSSR wurde sie auf der Krim, im Kaukasus und in Mittelasien festgestellt (OLENEV, 1931). Auch im Tessin ist *Rhipicephalus bursa* nachgewiesen worden (AESCHLIMANN und M., 1968).

Der gesamte Entwicklungszyklus von *Rh. bursa* dauert unter natürlichen Bedingungen nach BABOS (1964) 12 Monate. Das häufigste Auftreten von *Rh. bursa* liegt nach Untersuchungen von GÖKSU (1969) in der Türkei von Mitte Juni bis Mitte Juli. Larven und Nymphen finden sich von Ende September bis Dezember an ihren Wirtstieren, wobei der Höhepunkt des Befalls in die Monate Oktober und November fiel. Im vollgesogenen Zustand verlassen sie in diesen Monaten ihre Wirte und überwintern im Freien. Nach der Metamorphose suchen die Adulten dann erst zu Beginn des Sommers den 2. Wirt auf.

Der gleiche Autor führte experimentelle Untersuchungen über den Einfluß der Umgebungstemperatur unter Berücksichtigung der relativen Luftfeuchtigkeit auf die Entwicklungs- und Überlebenszeiten verschiedener Entwicklungsstadien von *Rh. bursa* durch. Dabei setzte er die verschiedenen Stadien in kleinen Säckchen am Skrotum und an den Ohrmuscheln von Lämmern sowie bei Kaninchen an den Ohren an. Die Ergebnisse dieser Versuche sind in Tabelle 1 zusammengefaßt.

Die Eizahl sowie die Spanne der Eiablage waren bei relativ konstanten Umgebungsfaktoren innerhalb einer bestimmten Schwankungsbreite direkt proportional der gesogenen Blutmenge. Die Eizahl schwankte zwischen 464 und 5259.

Vollgesogene Weibchen, bei $+1$ und -2°C über 3 - 15 Tage gehalten, legten nach Verbringen in den Brutschrank (26°C , 70 - 80 % rel. Luftf.) noch schlupffähige Eier. Wurde jedoch die Aufbewahrungstemperatur für 3 Tage auf -8°C gesenkt, so blieb die Eiablage aus, und die Zecken starben. Im Gegensatz dazu überlebten ungesogene, männliche und weibliche Adulte bei -8°C 3 Tage lang und begannen nach Ansetzen ans Skrotum von Lämmern Blut zu saugen.

In Deutschland stellte ENIGK (1944) von Mitte November bis Mitte März fest, daß ein hoher Prozentsatz von nuchternen Larven und vollgesogenen Nymphen dieser Zeckenart überwintern konnte und sich weiterentwickelte. Auch nuchterne Adulte überlebten, wohingegen vollgesogene stets starben.

	Temperatur in °C	rel. Luft- feuchte in %	Dauer in Tagen (Stunden)	
			Labor	Freiland
Überlebens- zeit unge- sogener Larven	50	60	(3-4)	
	43	60	(16-20)	
	35	70-80	20-30	
	26	70-80	90-120	
	Raumtemperatur	70-80	8-10	
	+1	55-70	60-85	
	-2	55-70	45-60	
	-8	55-70	25-43	
Larven- saugzeit + Nymphen- saugzeit	Raumtemperatur	55-70	18-22	
Metamor- phose zu Adulten	8-13	55	193	213
	26	70-80	13-25	
	18-30	50-55	13-25	
Überle- benszeit ungesoge- ner Adulten	Raumtemperatur	55-70	90-120	
	-8	55-70	3	
Überle- benszeit vollgeso- gener Weibchen	+1	55-70	15	
	-2	55-70	15	
	-8	55-70	--	
Präovi- position	Raumtemperatur	55-70	2-13	
	8-13	55	13-70 x)	
Dauer der Eiablage	Raumtemperatur	55-70	4-14	
Inkubations- periode Eier	26	70-80	11-20	
	+1	55-70	15, 30, 60 x)	
	-2	55-70	15, 30, 60 x)	
	-8	55-70	15, 30, 60 x)	

x) = kein Larvenschlupf

Tab. 1: Einfluß verschiedener Umgebungstemperaturen auf die Überlebensdauer einzelner Stadien bzw. Phasen von Rh. bursa unter Berücksichtigung der rel. Luftfeuchtigkeit (nach GÖKSU, 1969)

Über den Einfluß verschiedener ökologischer Faktoren auf die Entwicklung von Hyalomma anatolicum excavatum (Koch, 1844) liegt eine größere Anzahl von Berichten vor. Als Verbreitungsgebiet gibt HOOGSTRAAL (1956) Nordafrika, den Nahen Osten, Kleinasien bis Indien und das südliche und südöstliche Europa an. In Frankreich wurde diese Zeckenart u.a. von CHABAUD und CHOQUET (1953) sowie von BRUMPT (1949) beschrieben. Weitere Vorkommen wurden in Italien (KRATZ, 1940), Spanien (SCHULZE, 1919 a und b), Griechenland (PANDAZIS, 1947) und der Türkei (MIMIOGLU, 1954) beobachtet.

In der DDR ist im Bezirk Potsdam *Hyalomma pl. plumbeum* (Syn. von *Hyalomma marginatum*) an Hunden festgestellt worden (EICHLER, 1959). ZELLER (1921) berichtet von einem *Hyalomma*-Fund auf Norderney.

Hyalomma a. excavatum ist eine 3-wirtige Zecke (DELPY, 1952; FELDMAN-MUHSAM, 1948; DAUBNEY und SAID, 1951; SERDYUKOVA, 1946). Sie kann auch zweiwirtig sein; nach den Beobachtungen von SNOW (1969), der seine Untersuchungen mit *Hy. a. anatolicum* (Ssp. von *Hyal. excavatum*) durchführte, verblieb ein Teil der vollgesogenen Larven am Wirt und saugte dort nach vollzogener Metamorphose als Nymphe. Damit bestätigte dieser Autor die Angaben von ENIGK (1943), DELPY (1946), SERDYUKOVA (1946) und FELDMAN-MUHSAM (1948). Verläßt die vollgesogene Larve den Wirt, so beendet sie die Entwicklung zur Nymphe nach 7 - 8 Tagen. Dagegen dauert die Metamorphose auf dem Wirtstier bis zur Nymphe durchschnittlich nur 4 Tage (SNOW, 1969).

Nach dem Abfallen der vollgesogenen Nymphen benötigt die Zecke durchschnittlich 25 Tage bis zum Adulten-Stadium, wobei vor dem Aufsuchen des Wirtes 6 - 8 Tage liegen. Da die Weibchen vor der Kopulation wenig saugen, ist die Saugzeit (durchschnittlich 7 Tage) vom Zeitpunkt der Kopulation abhängig. Diese Untersuchungen führte der Autor bei 28°C und einer relativen Luftfeuchtigkeit von 25 % durch. Temperaturunterschiede zwischen 20° und 35°C veränderten die Saugdauer nicht wesentlich.

Starken Einfluß hatte dagegen die Temperatur auf die Periode zwischen dem Abfallen vom Wirt und der Eiablage (Tab. 2).

	Umgebungstemp. in °C	rel. Luftfeucht- tigk. in %	Dauer in Tagen
Metamorphose Larve-Nymphe	38	25	2-5
	20	25	42-59
Metamorphose Nymphe-Adult	38	25	7-15
	20	25	102-120
	18	25	keine Metam.
Präoviposition	42	25	8
	20	25	63
	unter 20	25	keine Eiablage
Inkubations- periode Eier	36	25	23
	20	25	79
	18	25	kein Schlupf
	unter 30	unter 25	Austrocknung

Tab. 2: Einfluß verschiedener Umgebungstemperaturen auf die Entwicklungsdauer einzelner Stadien bzw. Phasen von *Hyalomma a. anatolicum* unter Berücksichtigung der rel. Luftfeuchtigkeit (nach SNOW, 1969).

Boophilus annulatus (Say, 1821) ist nach HOOGSTRAAL und KAISER (1960) eine Zecke tropisch-subtropischer Gebiete. Sie ist einwirtig, parasitiert hauptsächlich auf dem Rind, seltener auf Pferd, Esel, Büffel, Kamel, Schaf und Hirsch.

Erstmals wurde *Boophilus annulatus* von SAY (1821) beim Virginia-Hirsch in Florida/USA beschrieben. In den Südstaaten der USA war sie Anfang dieses Jahrhunderts noch stark verbreitet, wurde dort jedoch durch intensive Bekämpfung so gut wie ausgerottet (ARTHUR, 1960). In Mexico hat COOLEY (1946) sie noch nachweisen können.

In Westafrika kommt sie nach HOOGSTRAAL (1954) sowie AESCHLIMANN und MOREL (1965) in den feuchten Küstenregionen vor. In Äquatorial-Afrika und im Kongo wurde sie von MINNING (1935 a), in Kamerun von RAGEAU (1953) beschrieben. Im Sudan hat sie HOOGSTRAAL (1954) beim Rinde bis zu einer Meereshöhe von 2200 m nachweisen können.

Besonders häufig kommt *Boophilus annulatus* in den Anrainerländern des Mittelmeeres und des Schwarzen Meeres vor. In Marokko und Algerien sowie auf Sardinien und Madeira hat sie MINNING (1935 b) festgestellt. In Tunesien hat LESTOQUARD (1931) sowie COLAS - BELCOUR und RAGEAU (1951) ihr Vorkommen bestätigt. In Ägypten fanden sie HOOGSTRAAL und KAISER (1958 a und b) besonders häufig auf Rind und Pferd, vereinzelt auf Kamel und Büffel. Aus Israel berichtet FELDMAN-MUHSAM (1961), daß *Boophilus annulatus* zwar das ganze Jahr über, hauptsächlich jedoch in der Zeit von Anfang Oktober bis Ende Februar vorkommt. In den Küstenregionen Syriens fanden KÖHLER und M. (1967) *Boophilus annulatus* das ganze Jahr über auf Rind und Kamel. In der Türkei haben GÖKSU (1959, 1967, 1968), PARRISH (1961), MERDIVENCI (1969) und HOFFMANN und M. (1971) diese Zeckenart ganzjährig in allen Provinzen, mit Ausnahme der Osttürkei, auf Rind und Büffel festgestellt. Die Hauptentwicklungszeiten waren Frühjahr und Herbst.

In den südlichen Republiken der Sowjetunion wurde *Boophilus annulatus* von OLENEV (1931) beschrieben. In Südrußland reichte ihr Vorkommen nach ENIGK (1946) bis zum 49. Breitengrad.

In Europa stellten diese Zecke in Bulgarien PAVIOV (1947), in Rumänien FEIDER und M. (1958) sowie METIANU (1951) fest. Ihre geographische Verbreitung und ihre Entwicklung wurden von einer Jahresisotherme von mindestens 11°C bestimmt. ENIGK (1946) hatte *Boophilus annulatus* zahlreich in den Tälern Südserbiens gefunden. In Mazedonien wurden die ersten Exemplare Mitte April als Larven und Nymphen beobachtet. Ihre Häufigkeit nahm bis Mitte August zu, bis Mitte September völlig ab. Die kontinuierliche Zunahme wird auf die Entwicklung

von zwei ineinandergreifenden Generationen zurückgeführt.

Im einzelnen haben HUNTER und HOOKER (1907) den Lebenszyklus von *Boophilus annulatus* unter "normalen" Bedingungen in den Südstaaten der USA untersucht. Ihre Ergebnisse sind in der Tab. 3 dargestellt.

	Dauer in Tagen
Überlebenszeit ungesogener Larven	49 - 159
Metamorphose Larve-Nymphe	7 - 12
Metamorphose Nymphe-Adulte	5 - 10
Saugdauer der Adulten	4 - 14
Präoviposition	3 - 4 bis 42 (Winter)
Eiablage	8- 9
Inkubationsperiode Eier:	
Minimum	17
Durchschnitt	21 - 44
Winter	150 - 180

Tab. 3: Entwicklungsdauer einzelner Stadien bzw. Phasen von *Boophilus annulatus* im Freien (nach HUNTER und HOOKER, 1907)

III. Eigene Untersuchungen

A. Material und Methode

Untersuchungsgegenstand dieser Arbeit ist hauptsächlich die Temperatur als limitierender Faktor der Zeckenverbreitung. Die Untersuchungsbedingungen wurden deshalb, soweit ein Einwirken möglich war, so aufgebaut, daß die anderen für die Entwicklung der Zecken bedeutsamen und bekannten ökologischen Faktoren keine limitierende Wirkung haben konnten.

Für die Versuche standen

Boophilus annulatus, Stamm Tunesien (1968),
Hyalomma a. excavatum, Stamm Syrien (1965) und
Rhipicephalus bursa, Stamm Ankara (1969)

zur Verfügung.

Als Wirtstiere für Boophilus dienten 4 - 7 Monate alte Kälber. Die Larven wurden auf dem Rücken verteilt ins Haarkleid aufgeschüttet, ihr Entwicklungs- und Saugzustand täglich kontrolliert. Nachdem sich die Weibchen vollgesogen hatten, wurden sie von ihrer Ansatzstelle gelöst, um ihren Verlust in der Stallspreu zu vermeiden. Rh. bursa wurde zur Fütterung als Larve, Nymphe und Imago an den Ohren von Kaninchen oder an Ohren und Skrotum von Schafen angesetzt. Hy. a. excavatum saugte ausschließlich an den Ohren von Kaninchen und wurde wegen ihrer fakultativen Zweiwirtigkeit während ihrer Metamorphose von der Larve zur Nymphe am Wirtstier belassen, wodurch ein besserer Vergleich ihrer Entwicklungsphasen mit denen von Rh. bursa möglich wurde. Um ein Abfallen oder Abwandern der Zecken zu verhindern, wurden Leinenbeutel über die Ohren bzw. Skrotum gestülpt, die an der Basis mit einem Leukoplaststreifen ringsum fixiert wurden.

Während der Versuche in den Ausläufen wurden die Zecken für die Dauer eines Entwicklungszyklus den jeweils herrschenden Außentemperaturen ausgesetzt.

Die Ausläufe der Wirtstiere befanden sich an der südlichen Außenmauer eines Gebäudes und waren zur Hälfte mit einer farblosen, durchscheinenden Glasfibernmatte in ca. 3 Meter Höhe abgedeckt. Nach Süden war jeder Auslauf offen. Die

Seitenflächen bestanden bis zur Sichthöhe der Tiere aus Eternitplatten. Trotz dieser an sich offenen Anlage staute sich besonders bei direkter Sonnenbestrahlung je nach Windverhältnissen wärmere Luft unter dem Dach, so daß hier die Tagesmitteltemperaturen etwa um 2°C , die Tageshöchsttemperaturen um 4°C über den vom Meteorologischen Institut der Freien Universität Berlin gemessenen Werten lagen. Die Temperaturen wurden mit einem automatischen Thermohygrographen (Firma Lambrecht, Göttingen) und einem Maximum-Minimum-Thermometer kontrolliert.

Nach dem Abfallen bzw. Absammeln vom Wirt wurden die Zecken in Glasröhrchen gehalten. Zur Verhütung von Schimmelpilzbildung gab ich in jedes Röhrchen ein mit Thiomersalat 1:10000 getränktes Löschpapierblättchen. Mit Planktongaze 12 A wurden die Röhrchen abgedeckt und in Exsikkatoren bei relativer Luftfeuchtigkeit zwischen 55 und 95 % verwahrt, um den Luftfeuchtigkeitsfaktor eines natürlichen Mikroklimas für die avertebralen, d.h. nicht auf dem Wirt befindlichen Zeckenstadien zu reproduzieren.

Der Ansatz der geschlüpften Larven bzw. der entwickelten Adulten wurde bis zu 2 Wochen verzögert. Dies sollte der in der Natur zu erwartenden Verzögerung beim Auffinden eines Wirtstieres entsprechen. Auch wurde damit der Zeitpunkt höchster Aktivität und stärkerer Chitinisierung erreicht.

Parallel zu den Außenversuchen wurden Vergleichsuntersuchungen im Stall bzw. Labor durchgeführt. Während der vertebralen (Zecken am Wirt) Phasen im Stall herrschten $20 - 24^{\circ}\text{C}$ und 55 - 70 % rel. Luftfeuchtigkeit; die avertebralen Zeckenstadien entwickelten sich im Labor in Exsikkatoren bei 28°C und 80 - 90 % rel. Luftfeuchtigkeit.

Die Kälteversuche wurden in einem Klimaprüfgerät der Firma Köttermann durchgeführt. Einzelne Stadien von *Rh. bursa*, *Hy. a. excavatum* und *Bo. annulatus* wurden -5 , -10 oder -15°C zwischen 6 und 144 Stunden im Exsikkator ausgesetzt und anschließend nach 1 - 3 Stunden Erwärmung unter dem Stereomikroskop auf Lebenszeichen untersucht. Bei Weibchen wurde die Fähigkeit zur Eiablage kontrolliert und gegebenenfalls deren

Schlupfergebnis bestimmt. Außerdem wurde bei ungesogenen Stadien deren Saugfähigkeit überprüft. Um den Temperatursturz beim Einstellen in das Klimagerät nicht zu plötzlich auf die Zecken einwirken zu lassen, wurden sie vorher etwa 1 Stunde lang auf $+4^{\circ}\text{C}$ abgekühlt, ehe sie in der auf konstante Temperatur eingestellten Frostzelle deponiert wurden. Der umgekehrte Weg der Adaptation wurde bei der Herausnahme aus dem Klimagerät beschritten.

B. Ergebnisse

a) Versuche in den Ausläufen

Die Saugdauer der Larven und Nymphen von *Rhipicephalus bursa* und *Hyalomma a. excavatum* zeigte bei den verschiedenen Ansätzen keine signifikanten Unterschiede. Die Gesamtzeit vom Ansatz der Larven bis zum Abfall der vollgesogenen Nymphen einschließlich der am Wirtstier vollzogenen 1. Metamorphose bei *Hy. a. excavatum* ist lediglich im Juli/August bei Tagesdurchschnittstemperaturen zwischen 21 und 28°C um 5 - 6 Tage gegenüber dem Vergleichszeitraum im Februar/März mit Tagesdurchschnittstemperaturen zwischen $-5,5$ und $+12,5^{\circ}\text{C}$ verkürzt. Auch bei der Saugdauer der Adulten beider Spezies traten nur geringfügige Abweichungen auf (Tabelle 4). Ihre Entwicklungszyklen, die mit adulten Stadien im Februar begonnen wurden, glichen sich annähernd mit 201 bzw. 203 Tagen durchschnittlicher Entwicklungszeit. Der im Februar mit Larven begonnene Zyklus dauerte bei *Hy. a. excavatum* im Durchschnitt 236 Tage. Der im Mai mit Larven begonnene Zyklus von *Rh. bursa* erstreckte sich über 132 Tage, während der entsprechende Zyklus von *Hy. a. excavatum* im Herbst unvollendet blieb, da die Eier infolge absinkender Temperaturen abstarben. Der im Mai mit Adulten begonnene Zyklus von *Hy. a. excavatum* dauerte durchschnittlich 143 Tage.

Die einwirtige *Bo. annulatus* benötigte für die Vollendung eines Zyklus, dessen Beginn im Februar lag, 140 Tage (Tab.4).

	Rh. bursa		Hyalomma a. excavatum				Bo. annulatus	
	Dauer der Entwicklungsphasen in Tagen							
Ansatz Larven	▽▽		▽▽		▽		▽	▽
-	15-25	16-21	15-24	15-19	18-24	13-18		
Abfall Nymphen								
Metamor- phose Nymphen- Adulte	26-34	17-23	45-51	28-35	85-102	25-32	27-37	27-37
Metamor- phosen- abschl.								
-	19	Δ	9	Δ	14	Δ		
Ansatz								
Saug- dauer Adulte	6-11	▽ 7-13	5-10	▽▽ 10-16	6-9	▽ 11-18		
Prä- vipo- sition	8-10	53-69	11-15	14-20	12-18	65-71	erfro- ren	38-49
Larven- schlupf nach Tagen	45-63	74-99	a)	48-56	69-87	56-62	-	66-81
Schlupf - Ansatz	Δ	21		4	Δ	16		Δ
Zyklus- dauer Durch- schnitt	132	201		143	236	203		140

a) nicht geschlüpft

▽ Zyklusbeginn Februar
▽▽ Zyklusbeginn Mai
Δ Zyklusabschluß

Tab. 4: Dauer der Entwicklungsphasen von Rh. bursa, Hy. a. excavatum und Bo. annulatus im Freien (Auslauf)

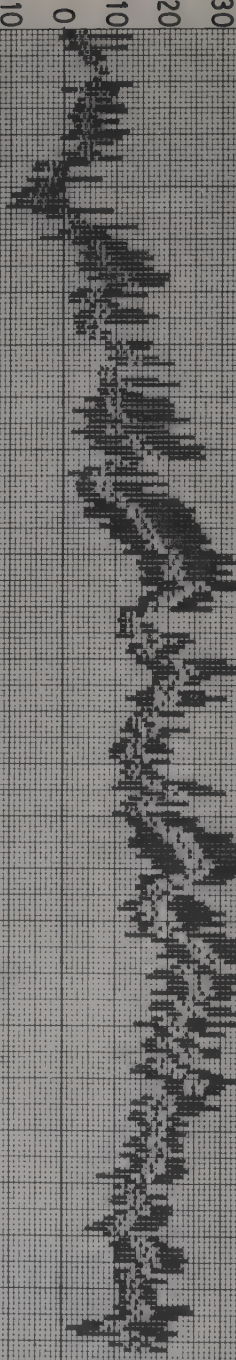
Maximale Eizahlen wurden unabhängig vom Beginn der Zyklen dann beobachtet, wenn das vollgesogene adulte Stadium in wärmeren Monaten lag. Eizahlminima sowie Schlupfratenminima traten überwiegend bei Weibchen auf, deren Saugphase im Februar und März lag.

Die bei den einzelnen Spezies erzielten, z. T. voneinander abweichenden Resultate der Versuche seien anschließend dargestellt.

Beim Vergleich der im Februar und im Mai gestarteten Versuche mit Rhipicephalus bursa fallen die erheblich längere Präovipositionsphase und der größere Zeitraum zwischen Eiablage und Larvenschlupf beim im Februar begonnenen Versuch auf (Tabelle 4). Die Länge der Präovipositionsphase und die des Zeitraumes zwischen Eiablage und Larvenschlupf stehen demnach in direkter Abhängigkeit zu den Tagesmitteltemperaturen. So fiel in beiden Versuchen der Beginn der Eiablage und der Larvenschlupf in eine Schönwetterperiode mit relativ hohen Temperaturen. Dies gilt insbesondere für den im Februar begonnenen Versuch, wo die Eiablage in die Warmwetterperiode im April mit Höchsttemperaturen über 20°C fiel (Abbildung). Die Eiinkubation dauerte von Mitte April bis Anfang Juli (74 - 99 Tage). Dabei fällt der Larvenschlupf mit dem starken Ansteigen der Temperaturen Anfang Juli zusammen (Abbildung). Die Entwicklung von der Larve bis zum Abfallen der vollgesogenen Nymphe erforderte 16 - 21 Tage. Die darauffolgende Metamorphose brachte innerhalb von 17 - 23 Tagen den Zyklus zum Abschluß. Die vertebrale Phase von der Larve bis zur Nymphe entsprach mit 15 - 25 Tagen im Mittel der entsprechenden Phase des im Februar begonnenen Zyklus. Die 2. Metamorphose wird nach 26 - 34 Tagen mit dem Einsetzen hoher Temperaturen Anfang Juli beendet (Abbildung). Die Saugzeit der Adulten wurde während der sehr warmen zweiten Julihälfte mit 6 - 11 Tagen registriert und die Präoviposition mit 8 - 10 Tagen. Der Larvenschlupf setzte nach 45 - 63 Tagen ein, so daß der am 18. Mai begonnene Zyklus bis Ende September wieder das gleiche Entwicklungsstadium erreicht hatte.

1. FEBR. 1. MÄRZ 1. APRIL 1. MAI 1. JUNI 1. JULI 1. AUG. 1. SEPT. 1. OKT.

TEMPERATUR



AUSLAUF

AA AR

E

LS

LA

NR

MA

AA AR E
STALL/LABOR

LS

LA

1M

NR

2M

MA

AUSLAUF

2M

LA

NR

MA

AA

AR

E

LS

AA=Adultenansatz; LA=Larvenansatz

AR=Adultenabfall; LS=Larvenschlupf

NR=Nymphenabfall; M=Metamorphose

MA=Metamorphosenabschluss; E=Diapause

— vertebrale Phase

— avertebrale Phase

STALL/LABOR

LA

NR

2M

MA

AA

AR

E

LS

Abb.: Darstellung der Lebenszyklen von Rh. bursa und der Temperatur (Maxima, Minima, Tagesmittel)

im Auslauf (55-95 % rel. Luftf.) und Stall (20-24°C, 55-70 % rel. Luftf.)

bzw. Labor (28°C, 80-90 % rel. Luftf.).

Von 74 vollgesogenen Weibchen, die den Versuchsbedingungen im Freien ausgesetzt waren, hatten 57 ein Eigelege (Tabelle 5). Bei 4 Eigelegen konnte kein Schlupf festgestellt werden, während die Gelege mit Schlupf im Durchschnitt eine Schlupfrate von 70 - 75 % und ein Maximum von 95 % aufwiesen.

Die Eiablage der Weibchen von Hyalomma a. excavatum wurde bei dem im Februar mit adulten Zecken begonnenen Versuch bis zum Einsetzen von höheren Temperaturen in der ersten Hälfte des Mai hinausgezögert, womit die Präovipositionsphase 65 - 71 Tage dauerte. In einem im Mai mit adulten Stadien begonnenen Versuch benötigten die Weibchen für die gleiche Entwicklungsphase lediglich etwa ein Viertel dieser Zeitdauer (Präoviposition 14 - 20 Tage). Dadurch ergab sich schon im Mai eine Angleichung der Zyklusabläufe bis auf 20 Tage, obwohl sie mit einem zeitlichen Unterschied von 67 Tagen begonnen wurden. Beim Ansatz der Larven im Februar und Mai war bei sehr unterschiedlichen Außentemperaturen ein geringfügiger Unterschied in der Zeitdauer bis zum Abfall der Nymphen festzustellen, er betrug im Höchstfalle 6 Tage (Tabelle 4). Für die Durchführung der folgenden Metamorphosen zu Adulten benötigten die im Februar als Larven angesetzten Zecken jedoch 40 - 51 Tage mehr als die im Mai angesetzten. Damit glich sich ihr Entwicklungszyklus bis auf 2 Wochen an. Während der im Februar begonnene Zyklus mit dem Larvenschlupf Anfang Oktober bei Tageshöchsttemperaturen bis zu 25°C noch zum Abschluß kam, legten die Weibchen des im Mai begonnenen Zyklus Anfang August zwar noch Eier, jedoch unterblieb ihr Schlupf bei den zum Herbst langsam absinkenden mittleren Tagestemperaturen (Temperaturvergleich s. Abbildung). Somit wurde beim im Februar begonnenen Zyklus zwischen Ende Juli und Mitte Oktober mit 69 - 87 Tagen für diese Spezies die längste Eiinkubation festgestellt, die mit dem Schlupf endete (Tabelle 4).

Von den 83 im Freien gehaltenen vollgesogenen Weibchen dieser Spezies legten 71 Eier. Die maximale Eizahl betrug ca 7000, die kleinste festgestellte Eizahl eines Geleges

	Rh. bursa	Hyal. a. exc.	Booph.ann.
Gesamtzahl adulte Weibchen	74	83	121
davon ohne Eiablage	17	12	97 ⁽¹⁾
Eigelege	57	71	24
Eizahl			
Minimum	28	23	11
Durchschnitt (geschätzt)	ca 2500	ca 2000	ca 200
Maximum (geschätzt)	ca 4500	ca 7000	ca 900 ⁽²⁾
Eigelege mit Schlupf	53	55	7
Schlupfrate in %			
Minimum	5	5	5
Durchschnitt	70 - 75	25 - 30	20
Maximum	95	70	80 ⁽²⁾

(1) Davon erfroren sämtliche (49) der Frostperiode Februar/März ausgesetzten Weibchen.

(2) Diese Maximalwerte gelten für dasselbe Gelege.

Tab. 5: Anzahl der im Freien (Auslauf) während der Versuchsdauer gehaltenen adulten Weibchen nach ihrem Abfall vom Wirtstier und ihre Reproduktionswerte.

wurde mit 23 gezählt. Bei 55 Eigelegen (= 60 % aller Eigelege) wurde ein Larvenschlupf festgestellt, dessen Schlupfrate zwischen 5 und 70 % schwankte und im Durchschnitt 25 - 30 % betrug (Tabelle 5). Die im März ins Freie verbrachten vollgesogenen Weibchen hatten in der Regel die Eigelege mit der geringeren Eizahl, wie auch insbesondere bei diesen Gelegen die niedrige Schlupfrate zu finden war. Dagegen korrespondierten die im Mai abgefallenen Zeckenweibchen mit den höheren Eizahlen sowie den höheren Schlupfergebnissen.

Die am 5. Februar angesetzten Larven von Boophilus annulatus benötigten für ihre Entwicklung auf dem Wirtstier zwischen 27 und 37 Tagen bei Durchschnittstemperaturen, die vom 26. Februar bis zum 7. März unter 0°C lagen. Nach dem Abfall starben sämtliche vollgesogenen Adulten, die im Freien aufbewahrt und zeitweilig Frosttemperaturen ausgesetzt waren.

Bei einem parallel laufenden Kontrollversuch legten vollgesogene Adulte, die vor Frosteinfluß bewahrt wurden, nach 38 Tagen die ersten Eier. Die Inkubation der Eier erforderte 66 - 81 Tage von Mitte April bis Anfang Juli. Damit betrug ihr Entwicklungszyklus im Mittel 140 Tage (Tabelle 4). Von den 121 vollgesogenen Weibchen legten 24 durchschnittlich 200 Eier. Bei 7 Eigelegen konnte ein Schlupf beobachtet werden, dessen Rate zwischen 5 und 80 % und im Durchschnitt 20 % betrug (Tabelle 5).

b) Versuche in Ställen bzw. im Labor

Für diese Versuche wurde gleiches Ausgangsmaterial wie in den Ausläufen benutzt. Auch wurden sie zum selben Zeitpunkt begonnen. Die Temperaturschwankungen und die relative Luftfeuchtigkeit lagen während der vertebralen Phasen im Stall zwischen 20 und 24°C und 55 - 70 %, während die avertebralen Stadien im Labor bei 28°C sowie 80 - 95 % relativer Luftfeuchtigkeit aufbewahrt wurden.

Unter diesen gleichbleibenden Versuchsbedingungen konnten bei den jahreszeitlich verschobenen Zyklen von *Rh. bursa*

und *Hy. a. excavatum* keine nennenswerten Unterschiede festgestellt werden.

Die Saugzeit der Larven und Nymphen von *Rhipicephalus bursa* einschließlich ihrer Metamorphose dauerte 14 - 21 Tage. Die zweite Metamorphose nach dem Abfall der vollgesogenen Nymphen bis zum Erlangen der Saugfähigkeit als Adulte erforderte 18 - 22 Tage. Die Saugdauer der Adulten nahm 7 - 12 Tage in Anspruch (Tabelle 6). Als Präovipositionszeiten der vollgesogenen weiblichen Adulten wurden 7 - 11 Tage festgestellt. Darauf erfolgte nach 36 - 40 Tagen der Larvenschlupf. Die Zyklusdauer dieser Spezies erforderte im Durchschnitt 118 Tage.

Vom Ansatz der Larven von *Hyalomma a. excavatum* bis zum Abfall der vollgesogenen Nymphen vergingen 12 - 19 Tage (Tabelle 6). Die Metamorphose zum adulten Stadium dauerte 17 - 21, die Saugdauer der Adulten erforderte 6 - 10 Tage. Für die Präoviposition wurden 5 - 8 Tage festgestellt, die nachfolgende Eiinkubation dauerte 31 - 43 Tage. Infolge unterschiedlicher Wartezeiten zwischen Schlupf und Ansatz der Larven erforderten die im Mai begonnenen Zyklen im Mittel 100, die im Februar begonnenen Zyklen im Mittel 111 Tage.

Boophilus annulatus benötigte für seine vertebrale Entwicklung 20 - 28 Tage. Der Präovipositionsphase von 3 - 10 Tagen folgte die Eiinkubation, die bis zum Larvenschlupf 35 - 44 Tage dauerte. Damit wurde für diese Spezies eine Zyklusdauer von durchschnittlich 89 Tagen gemessen.

c) Versuche an Zecken im Klimaschrank

Nach einem Aufenthalt von 144 Stunden bei -5°C im Klimaschrank zeigten vollgesogene Nymphen und vollgesogene Weibchen von *Rh. bursa* und *Hy. a. excavatum* keine Beeinträchtigung ihrer Vitalität. Dagegen wurde bei der Nachzucht von vollgesogenen *Bo. annulatus*-Weibchen bei -5°C schon nach 6 Stunden ein Schlupfausfall von 50 % beobachtet. Bei *Rh. bursa* und *Hy. a. excavatum* konnte auch nach 144 Stunden bei -5°C im

	Rh. bursa		Hyalomma a. excavatum				Boophilus ann.	
	Dauer der Entwicklungsphasen in Tagen							
Ansatz Larven	∇		∇		∇		20 - 28	
-	14 - 21		14 - 19		12 - 17			
Abfall Nymphen								
Metamor- phose Nymphe- Adulte	18 - 22		17 - 21		17 - 21			
Metamor- phosen- abschl.								
-	19	Δ	9	Δ	14	Δ		
Ansatz								
Saug- dauer Adulte		∇		∇		∇		
	7 - 12		6 - 10		7 - 10			
Präovi- posi- tion	7 - 11		5 - 8		5 - 8		3 - 10	
Larven- schlupf nach Tagen	36 - 40		31 - 42		34 - 43		35 - 44	
Schlupf								
-	Δ	21	Δ	4	Δ	16	Δ	
Ansatz								
Zyklus- dauer Durch- schnitt	118		100		111		89	

∇ Zyklusbeginn Februar

Δ Zyklusabschluß

∇ Zyklusbeginn Mai

Tab. 6: Dauer der Entwicklungsphasen von Rh. bursa, Hy. a. excavatum und Bo. annulatus im Freien (Auslauf)

Klimaschrank bei der Weiterzuchtung noch eine Schlupfrate bis zu 70 % festgestellt werden. Die nüchternen Larven von *Rh. bursa* überstanden 144 Stunden bei dieser Temperatur ohne Vitalitätseinbuße, während von *Hy. a. excavatum* etwa 50 % und *Bo. annulatus* sämtliche abstarben (Tabelle 7).

Vollgesogene Weibchen von *Rh. bursa* legten nach 72 Stunden Klimaschrankaufenthalt bei -10°C noch schlupffähige Eier. Erst nach 144 Stunden bei dieser Temperatur unterblieb die Eiablage, obwohl die Bewegungsfähigkeit nicht beeinträchtigt schien. Vollgesogene *Hy. a. excavatum*-Weibchen legten noch schlupffähige Eier, nachdem sie 24 Stunden dieser Temperatur ausgesetzt waren, während *Bo. annulatus*-Larven dann nicht mehr schlüpften. Im Klimaschrank bis zu 24 Stunden bei -10°C gehaltene Larven von *Rh. bursa* und *Hy. a. excavatum* überlebten und behielten ihre Saugfähigkeit. Dagegen saugten sich nur wenige *Bo. annulatus*-Larven fest, die 6 Stunden bei -10°C verweilten. Etwa die Hälfte vollgesogener Nymphen von *Rh. bursa* und *Hy. a. excavatum* konnten 144 Stunden -10°C überleben und danach im Brutschrank ihre Metamorphose vollziehen.

Bei -15°C konnten lediglich etwa 15 % der vollgesogenen Nymphen von *Rh. bursa* überleben, ohne daß ihre Fähigkeit zur Metamorphose beeinträchtigt war. Die einzelnen Untersuchungsergebnisse sind in Tabelle 7 zusammengefaßt.

Zeit (Stunden)	Temperatur in °C	Rh. bursa				Hy.a.excavaturn			Bo.annulatus		
		6	24	72	144	6	24	144	6	24	144
achterne rven	-5	++++	++++	++++	++++	++++	+++	++	+++	++	--
	-10	+++	+		+	++++	++	--	++	+	--
	-15	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
ntroll- satz von rs.-Temp.	(-5)	++++	+++	+++	+++	++++	+++	++	++	--	
	(-10)	+++	+		--	+++	+++	--	+	--	
llges.Ny. t nachf. tamorph.	-5	++++	++++		+++	++++	++++	+++			
	-10	+++	+++		++	+++	+++	++			
	-15	+	+		--	--	--	--			
achterne ulte	-5	+++	++		+	+++	+++	+			
	-10	++	+		--	+++	++	+			
	-15	--	--		--	--	--	--			
ntroll- satz von rs.-Temp.	(-5)										
	(-10)	+++	--		--	+++	--	--			
llges. ulte	-5	++++	++++	++++	++++	++++	++++	++++	++++	+++	++
	-10	++++	++++	++++	+++	++++	+++	+	++++	++++	--
	-15	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
von tten ein gelege	(-5)	+++	++++	+++	+++	++++	++++	+++	+++	+++	+
	(-10)	++++	++++	+	--	--	+	--	+++	+	--
hlupf- te	(-5)	+++	++++	+++	+++	+++	+++	+++	++	++	--
	(-10)	+++	+++	++	--		++		+	--	

++++ = mehr als 85 % der Gesamtzahl

+++ = 51 bis 85 % der "

++ = 20 bis 50 % der "

+ = weniger als 20 % der "

-- = kein Überleben

b. 7: Überlebensfähigkeit verschiedener Stadien von Rh. bursa, Hy. a. excavatum und Bo. annulatus im Klimaschrank bei -5, -10 und -15°C in einem Zeitraum von 6-144 Std.

IV. Besprechung der Ergebnisse

Gegenstand dieser Untersuchung ist das Verhalten von Zecken bei verschiedenen Temperaturen. THEILER (1948) hat darauf hingewiesen, daß die Entwicklung von Zecken von einer Vielzahl von limitierenden Faktoren abhängt. Im Aufbau der Versuche habe ich mich daher bemüht, die Temperatur als einzigen und wahrscheinlich wichtigsten limitierenden Faktor zur Wirkung kommen zu lassen.

Beim Vergleich der Versuche im Stall mit denen in den Ausläufen ergab sich, daß die Entwicklungszeiten auf den Wirtstieren keine signifikanten Unterschiede aufwiesen, auch dann nicht, wenn während der Saugzeit der einen Zeckencharge niedrige Temperaturen, z.T. unter 0°C und während der Saugzeit einer anderen um zeitweise 30°C höhere Temperaturen auftraten. Dies ist offenbar auf das Mikroklima auf der Haut der Wirtstiere unter dem Schutz des Haarkleides zurückzuführen. So kommt der künstlichen Erzeugung eines Mikroklimas durch Ohrmanschetten insofern keine verfälschende Bedeutung zu, da analog zum Versuch am Rind die Zecken am Körper von Kaninchen und Schaf vergleichbaren Einflüssen ausgesetzt sind. Daraus resultiert, daß den avertebralen Phasen eine ungleich größere Bedeutung für das Überleben bei niedrigen Temperaturen zukommt. Wie die Untersuchungen bewiesen, sind die avertebralen Phasen direkt temperaturabhängig. Sie werden durch niedrige Temperaturen verlängert und durch höhere Temperaturen verkürzt. Vergleicht man die entsprechenden im Februar begonnenen Zyklen mit denen, die im Mai begonnen wurden, so führten die Temperatureinflüsse auf die Diapausendauer zu einer fortschreitenden Angleichung der Entwicklungsphasen. Diese Angleichung führt offenbar zur Ausbildung eines Zyklusablaufes, der für ein bestimmtes Biotop typisch ist, wie schon GÖKSU (1969) u.a. durch die Beschreibung vom saisonalen Auftreten bestimmter Zeckenstadien angedeutet haben. Ein charakteristisches Ergebnis der Versuche ist, daß das Ende der Diapausen in einen Zeitraum ansteigender Außentemperaturen fällt. Dies legt den Schluß nahe, daß die Entwicklung der

Zecken unterhalb eines bestimmten Temperaturbereichs sistiert, worauf auch SNOW (1969) in seinen Untersuchungen hinwies. Wie aus den Ergebnissen der Versuche im Klimaschrank deutlich wird, kann die Frage nach einer Grenztemperatur für die Überlebensfähigkeit von Zecken nur im Zusammenhang mit ihrer Einwirkungszeit beantwortet werden. So führte die Einwirkung einer konstanten Temperatur von -10°C innerhalb von 24 Stunden bei *Bo. annulatus* und innerhalb von 144 Stunden bei *Rh. bursa* und *Hy. a. excavatum* zu einer Schädigung aller vollgesogenen Weibchen, die die Fortpflanzungsfähigkeit unterband, während bei -5°C noch nach 144 Stunden bei den letztgenannten Spezies die Fortpflanzungsfähigkeit, d.h. das Vermögen schlupffähige Eier hervorzubringen, bei etwa 70 - 75 % der Tiere erhalten blieb. Daraus zeigte sich, und dies erwies sich auch während der Frostperiode im Februar/März, daß beide Zeckenarten auch längere Frostperioden überleben können, wobei in der Natur das aktive Aufsuchen geschützter Mikroklimata nach der Blutmahlzeit das Überleben noch begünstigt.

Die größte Kälteresistenz hat, wie sämtliche Versuche bewiesen, *Rh. bursa*, die geringste *Bo. annulatus*. Dies wird durch die Untersuchungsergebnisse von GÖKSU (1969) bestätigt, der eine Weiterentwicklung von *Rh. bursa* von Nymphen zu Adulten bei 8 - 13°C noch feststellte. Auch die Ergebnisse SNOW's (1969), der bei Temperaturen bei oder unter 18°C keine Fortentwicklung von *Hyalomma*-Nymphen mehr beobachten konnte, stimmen mit dieser Aussage überein. Einschränkend ist jedoch darauf hinzuweisen, daß Untersuchungen bei konstanter Temperatur nur bedingte Aussagekraft für die Zeckenentwicklung unter den natürlichen Bedingungen ständig wechselnder Außentemperaturen haben können. Die im Vergleich zu *Rh. bursa* größere Temperaturanfälligkeit von *Hy. a. excavatum* geht auch aus den im Freien im Februar und Mai mit Larven begonnenen Zyklen hervor, die bei *Hyalomma* eine deutliche Verlängerung aufwiesen.

Die verschiedenen Entwicklungsstadien besitzen eine unterschiedliche Temperaturresistenz. Während die Anfang August

gelegten Eier des im Mai mit Larven begonnenen Zyklus von *Hyalomma a. excavatum* nicht mehr schlüpften, vollendeten die Mitte August abgefallenen Nymphen eines anderen Zyklus im September noch ihre Metamorphose. Es vollzieht sich also die Metamorphose noch bei einer Temperatur, bei der es nicht mehr zum Eischlupf kommt. Das bedeutet, daß die Embryonierungsvorgänge in den Eiern wesentlich empfindlicher auf niedrige Temperaturen reagieren, als dies bei der Metamorphose zum adulten Stadium der Fall ist. Damit kann die Phase zwischen Eiablage und Larvenschlupf als das schwächste Glied in der Entwicklungskette von Ixodiden angesehen werden. Diese These wird auch unterstützt durch die geringen Prozentzahlen der Schlupfrate von Eiern mit langer Inkubation und der geringen Mortalitätsrate der anderen Stadien.

Weiterhin fiel das unterschiedliche Verhalten im Feldversuch von *Rh. bursa* und *Hy. a. excavatum* in den Zeiten warmer Sommertemperaturen auf, wo die Phasenzeiten bei *Rh. bursa* etwa gleiche Werte aufwiesen wie im Labor, während bei *Hy. a. excavatum* stets längere Entwicklungswerte zu beobachten waren. Dies trat besonders deutlich bei der zweiten Metamorphose (Nymphe-Adulte) und der Präovipositionsphase hervor.

Bei einem Vergleich der Tagesmitteltemperaturen finden sich nur einzelne Tage, die an die Labortemperaturen von 28°C heranreichen. So betrugen die höchsten monatlichen Mittel im Juli und August 22°C bzw. $21,5^{\circ}\text{C}$, was bemerkenswerterweise zu einer gleichschnellen Entwicklung von *Rh. bursa* wie im Labor führte und gegenüber *Hy. a. excavatum* auf einen geringeren Wärmebedarf der avertebralen Stadien dieser Spezies schließen läßt. Ein weiteres Resultat unterstreicht dieses Ergebnis: während im Stall/Labor der Entwicklungszyklus von *Hy. a. excavatum* ca. 10 % kürzer als von *Rh. bursa* war, dauerte er in den Ausläufen länger bzw. vollendete sich nicht.

Auch ein Vergleich der Eigelege ohne Schlupf und insbesondere der Schlupfrate der untersuchten Spezies bei gleichen Bedingungen (*Rh. bursa* im Mittel 70 - 75 %, *Hy. a. excavatum*

im Mittel 25 - 30 %) zeigt die bessere Temperaturanpassungsfähigkeit von *Rh. bursa*.

Von den untersuchten Zecken besaß *Boophilus annulatus*, die auf Grund ihrer Einwirtigkeit nur eine avertebrale Phase aufweist, die niedrigste Temperaturresistenz, denn bei der im Februar/März auftretenden Frostperiode starben alle im Freien gehaltenen vollgesogenen Weibchen. Die Versuche im Klimaschrank bestätigten dieses Ergebnis: Hier starben bei einer konstanten Temperatur von -5°C im Verlauf von 144 Stunden alle Adulten. Außerdem wies *Bo. annulatus* im Freien mit ca 200 die geringste mittlere Eizahl, mit 20 % die geringste durchschnittliche Schlupfrate und mit ca 70 % abgestorbener Eigelege die ungünstigsten Werte auf, die im Vergleich mit den von HUNTER und HOOKER (1907) genannten Werten zeigen, daß diese Spezies für ihre Entwicklung wesentlich anspruchsvollere klimatische Bedingungen erfordert.

Auf Grund der hier vorliegenden Untersuchungsergebnisse ist davon auszugehen, daß *Rh. bursa* - ein wichtiger Überträger verschiedener Piroplasmen - sich nach ihrer Einschleppung in klimatisch günstige Gebiete Mitteleuropas manifestieren kann. Damit wurden auch die Erwartung EICHLER's (1968) und die Untersuchungen ENIGK's (1944) bestätigt. Nur bei besonders günstigen Temperatur- und Standortbedingungen in gemäßigten Klimaten, wie sie 1971 in Berlin vorhanden waren, war eine Entwicklung von *Hy. a. excavatum* von einem Stadium der Elterngeneration bis zum gleichen Stadium der 1. Tochtergeneration möglich. Es ist deshalb zu erwarten, daß *Hy. a. excavatum* sich zwar zeitlich begrenzt weiterentwickeln, jedoch nicht auf die Dauer in gemäßigten Klimaten heimisch werden kann. Dagegen ist es sehr unwahrscheinlich, daß *Bo. annulatus* im Freien mehr als einen Entwicklungszyklus überlebt, da ihre Überwinterung nicht möglich erscheint.

V. Zusammenfassung

Rhipicephalus bursa, *Hyalomma anatolicum excavatum* und *Boophilus annulatus* wurden im Freien unter dem Temperatureinfluß eines gemäßigten Klimas in Mitteleuropa, im Stall bzw. Labor und im Klimaschrank bei -5 , -10 und -15°C untersucht. Vollgesogene Nymphen und vollgesogene Adulte besaßen die größte Kälteresistenz.

Bei Versuchen im Freien, die in verschiedenen Zeitabläufen durchgeführt wurden, und im Klimaschrank bewies *Rh. bursa* die größte Resistenz der untersuchten Spezies gegenüber niedrigen Temperaturen. Ihre Manifestation in einem gemäßigten Klima in Mitteleuropa wird für möglich gehalten. Ihr Entwicklungszyklus betrug zwischen ca 201 Tagen im Freien und ca 118 Tagen im Stall bzw. Labor. Bei -10°C im Klimaschrank blieb die Fortpflanzungsfähigkeit von vollgesogenen *Rh. bursa*- als auch von *Hy. a. excavatum*-Weibchen im Verlauf von 24 Stunden erhalten. *Hy. a. excavatum* benötigte für einen Entwicklungszyklus zwischen ca 236 Tagen im Freien und ca 100 Tagen im Stall bzw. Labor. Ihre Kälteresistenz ist geringer als die von *Rh. bursa*; eine begrenzte Weiterentwicklung unter dem Einfluß eines gemäßigten Klimas ist möglich.

Bo. annulatus besaß die geringste Resistenz gegenüber niedrigen Temperaturen. Ihr Entwicklungszyklus dauerte zwischen ca 140 Tagen im Freien und ca 89 Tagen im Stall bzw. Labor. Im Klimaschrank erhielt sich die Fortpflanzungsfähigkeit vollgesogener Weibchen bei -10°C über 6 Stunden. Eine Manifestation von *Bo. annulatus* im gemäßigten Klima von Mitteleuropa erscheint unmöglich.

Experiments on the Influence of Life-Cycles of RHIPICEPHALUS
BURSA (Canestrini and Fanzago, 1877), HYALOMMA ANATOLICUM
EXCAVATUM (Koch, 1844) and BOOPHILUS ANNULATUS (Say, 1821)
under various Temperatures

Summary

Rhipicephalus bursa, Hyalomma a. excavatum and Boophilus annulatus were examined under natural conditions at the temperature of the moderate climate of Central Europe, under stall respectively laboratory conditions and in the climatic cabinet at the temperature of -5, -10 and -15 C. Engorged nymphs and engorged adults were of the strongest cold resistance.

During experiments under natural conditions Rh. bursa proved to be of the strongest resistance of the examined species to lower temperature. Their manifestation in the moderate climate of Central Europe is thought possible. Its life-cycle amounted to between about 201 days under natural conditions and about 118 days under stall resp. laboratory conditions. At a temperature of -10 C in the climatic cabinet the reproduction of the engorged females of Rh. bursa as well as Hy. a. excavatum was preserved for 24 hours. The life-cycle of Hy. a. excavatum needed about 236 days under natural conditions and about 100 days under stall resp. laboratory conditions. Its cold resistance is less than the one of Rh. bursa; a limited development under the influence of a moderate climate is possible.

Bo. annulatus was the least resistant to lower temperatures. Their life-cycle lasted about 140 days under natural conditions and about 89 days under stall resp. laboratory conditions. In the climatic cabinet the reproduction of engorged females was preserved for 6 hours at a temperatures of -10 C. The manifestation of Bo. annulatus in the moderate climate of Central Europe seems to be impossible.

VI. Literaturverzeichnis

1. Aeschlimann, A., P. C. Morel (1965): *Boophilus geigyi* n. sp. (Acarina: Ixodoidea) une nouvelle tique du bétail de l'Quest Africain. *Acta trop.* 22, 162-168
2. Aeschlimann, A., P. A. Diehl, G. Eichenberger, R. Immler, N. Weiss (1968): Les tiques (Ixodoidea) des animaux domestiques au Tessin. *Revue suisse zool.* 75, 1039-1050
3. Arthur, D. R. (1960): Ticks. A monograph of the Ixodoidea. Part V. University Press, Cambridge
4. Babos, S. (1964): Die Zeckenfauna Mitteleuropas. *Akademiai Kiado, Budapest*
5. Brumpt, E. (1949): Précis de Parasitologie. 6th Ed. 2, Masson et Cie, Paris
6. Chabaud, A. G., M. T. Choquet (1953): Allometrie des variants sexuels chez les Ixodidae. *Archs Zool. exp. Gén.* 89, 139-146
7. Colas-Belcour, J., J. Rageau (1951): Tiques de Tunisie. Ixodines. *Archs Inst. Pasteur Maroc* 4, 360-367
8. Cooley, R. A. (1946): The genera *Boophilus*, *Rhipicephalus*, and *Haemaphysalis* (Ixodidae) of the New World. *Bull. Inst. Hlth* 187, 1-54
9. Daubney, R., M. Said (1951): Egyptian fever of cattle. The transmission of *Theileria annulata* by *Hyalomma excavatum*, Koch 1844. *Parasitology* 41, 249-260
10. Delpy, L. (1946): Revision par des voies experimentales du genre *Hyalomma* C. L. Koch, 1844 (Acarina, Ixodoidea Ixodidae). Note preliminaire. *Archs Inst. Hessarek* 2, 61-93
11. Delpy, L. P. (1952): Role des *Hyalomma* dans la transmission de la theileriose bovine. Biologie et Taxonomie des espèces en cause. *Rep. 14th Int. Vet. Congr. (London 1949)* 2, 89-94
12. Eichler, W. (1959): Die Zeckengattungen *Dermacentor* und *Hyalomma* auf dem Gebiete der Deutschen Demokratischen Republik. *Dt. GesundhWes.* 14, 1172
13. Eichler, W. (1968): Kritische Liste mitteleuropäischer Zeckenarten. *Angew. Parasit.* 9, 88-97
14. Enigk, K. (1943): Die Überträger der Pferdepiroplasmose, ihre Verbreitung und Biologie. *Arch. wiss. prakt. Tierheilk.* 78, 209-240

15. Enigk, K. (1944): Weitere Untersuchungen zur Überträgerfrage der Pferdepiroplasmose.
Arch. wiss. prakt. Tierheilk. 79, 58-80
16. Enigk, K. (1946): Zur Kenntnis der Zeckenfauna von Süd- und Osteuropa. Mh. VetMed. 2, 75-81
17. Feider, Z., C. Rauchenbach, J. Mironescu (1958): Die Zecken der Rumänischen Volksrepublik.
Cslká Parasit. 5, 71-87
18. Feldman-Muhsam, B. (1948): On larvae and nymph of some species of Palestinian Hyalomma.
Parasitology 39, 138-147
19. Feldman-Muhsam, B. (1953): Rhipicephalus bursa in Israel.
Bull. Res. Coun. Israel 3, 201-206
20. Feldman-Muhsam, B., I. M. Saturen (1961): Notes on the ecology of Ixodid ticks of domestic stock in Israel.
Bull. Res. Couns. Israel 10B, 53-61
21. Göksu, K. (1959): Ankara ve Civari seğir larında theileriosis üzerinde sistematik arastirmalar.
Ankara Üniv. vet. Fak. Yayinlari 115; Çalismalar 60, 1-73
22. Göksu, K. (1967): The investigation on the epizootology and biology of Babesidae and Theileridae (Piroplasmidea Wenyon, 1926) in native sheep.
Ankara Üniv. vet. Fak. Yayinlari 205, Çalismalar 107, 1-106
23. Göksu, K. (1968): Babesia infections and the ticks of cattle in some provinces of the black sea region of Turkey.
Ankara Üniv. vet. Fak. Derg. 15, 46-57
24. Göksu, K. (1969): Rhipicephalus bursa Canestrini ve Fanzago, 1877 (Acarina: Ixodoidea) nin saha ve laboratuvar sartlarında biyo-ekolojisi üzerinde arastirmalar.
Ankara Üniv. vet. Fak. Derg. 16, 295-312
25. Gothe, R. (1967): Investigations into the cold resistance of the eggs and larvae of Boophilus decoloratus (Koch, 1844), Boophilus microplus (Canestrini, 1888) and Margaropus winthemi Karsch, 1879.
Onderstepoort J. vet. Res. 34, 109-128
26. Hoffmann, G., F. Hörchner, E. Schein, H.-Chr. Gerber (1971): Saisonales Auftreten von Zecken und Piroplasmen bei Haustieren in den asiatischen Provinzen der Türkei.
Berl. Münch. tierärztl. Wschr. 84, 152-156
27. Hoogstraal, H. (1954): Ticks (Ixodoidea) and their medical relations in the Near East.
J. Egypt. publ. Hlth Ass. 29, 1-8

28. Hoogstraal, H. (1956): African Ixodoidea. Vol. I: Ticks of the Sudan. Res. Rep. NM 005 050.29.07
29. Hoogstraal, H., M. N. Kaiser (1958^a): The ticks (Ixodoidea) of Egypt. A brief review and keys.
J. Egypt. publ. Hlth Ass. 33, 51-85
30. Hoogstraal, H., M. N. Kaiser (1958^b): Observations on egyptian Hyalomma ticks (Ixodoidea, Ixodidae). 5. Biological notes and differences in identity of H. anatolicum and its subspecies anatolicum Koch and excavatum Koch among russian and other workers. Identity of H. lusitanicum Koch.
Ann. ent. Soc. Am. 52, 243-261
31. Hoogstraal, H., M. N. Kaiser (1960): Observations on the ticks (Ixodoidea) of Libya.
Ann. ent. Soc. Am. 53, 445-457
32. Hunter, W. D., W. A. Hooker (1907): Information concerning the North American fever tick with notes on other species.
Bull. U. S. Bur. Ent. No. 72, 87 pp.
33. Knipling, E. B., W. N. Sullivan (1957): Insect mortality at low temperatures.
J. econ Ent. 50, 368-369
34. Köhler, G., G. Hoffmann, K. Janitschke, E. Wiesenhütter (1967): Untersuchungen zur Kenntnis der Zeckenfauna Syriens.
Z. Tropenmed. Parasit. 18, 375-381
35. Kratz, W. (1940): Die Zeckengattung Hyalomma Koch.
Z. ParasitKde 11, 510-562
36. Lestoquard, F. (1931): Les piroplasmoses des bovines en Turquie.
Bull. Soc. Path. exot. 24, 817-819
37. Merdivenci, A. (1969): Türkiye kenelari üzerine arastirmalar.
Kultulmus Matbaasi, Istanbul
38. Metianu, T. (1951): Contribution a l'étude des ixodidés de Roumanie.
Annls Parasit. hum. comp. 26, 446-463
39. Mimioglu, M. (1954): Die Schildzecken (Ixodiden) der Haustiere in der Türkei.
Ankara Üniv. vet. Fak. Derg. 1, 20-34
40. Minning, W. (1935): Beiträge zur Systematik und Morphologie der Zeckengattung Boophilus curtica.
Z. ParasitKde 7, 1-43
41. Minning, W. (1935^b): Zur Kenntnis des Genus Boophilus curtica I.
Z. ParasitKde 7, 719-721
42. Olenov, N. O. (1931): Die Zecken (Ixodoidea) der Fauna Rußlands.
Z. ParasitKde 4, 126-139

43. Pandazis, G. P. (1947): The ticks of Greece.
Epistēm. Epet. 71-182
44. Parrish, D. W. (1961): The ticks (Argasidae and Ixodidae) of Turkey. J. econ. Ent. 54, 91-92
45. Pavlov, P. (1947): Les tiques en Bulgarie et leurs hôtes vecteurs. Bull. Soc. Path. exot. 40, 95-98
46. Regean, J. (1953): Clés pour l'identification des tiques du Cameroun. Annls Parasit. hum. comp. 28, 399-411
47. Schulze, P. (1919a): Bestimmungstabelle für das Zeckengenuss Hyalomma Koch.
Sber. Ges. naturf. Freunde Berl. 5, 189-196
48. Schulze, P. (1919b): Über den Geselligkeitstrieb der Zeckenlarven nach gelegentlichen Beobachtungen in Mazedonien und Rumänien. Dt. ent. Z. (1-2) 212-213
49. Serdyukova, G. V. (1946): The developmental cycle of Hyalomma anatolicum Koch.
Izv. Akad. Nauk. SSR, S. Biol. (2-3), 199-202
50. Snow, K. R. (1969): The life-history of Hyalomma anatolicum anatolicum Koch, 1844 (Ixodoidea, Ixodidae) under laboratory conditions. Parasitology 59, 105-122
51. Theiler, G. (1948): Zoological survey of the Union of South Africa. Tick survey - Part I.
Onderstepoort J. vet. Sci. Anim. Ind. 23, 217-231
52. Zeller, H. (1921): Zum Vorkommen der Zecken Hyalomma in Deutschland.
Berl. tierärztl. Wschr. 37, 581.

Herrn Professor Dr. J. Boch danke ich
für die Überlassung des Themas. Für
die wissenschaftliche Beratung, die er
sowie Herr Dr. G. Hoffmann und Herr
Dr. E. Schein mir gewährten, danke
ich ebenfalls.

Lebenslauf

Am 26. Januar 1939 wurde ich als Sohn des Dr. ing. Wilhelm Becker und seiner Ehefrau Elisabeth, geb. Schlüter in Lübeck geboren. Von 1947 bis 1952 besuchte ich die Klosterhof-Volksschule in Lübeck. Am 8. Februar 1962 legte ich am Ostseegymnasium in Timmendorfer Strand die Reifeprüfung ab. Im Wintersemester 1964/65 immatrikulierte ich mich an der Veterinärmedizinischen Fakultät der Freien Universität Berlin, wo ich am 21. Dezember 1970 die Tierärztliche Prüfung abschloß. Am 26. Februar 1969 heiratete ich die Assessorin des Lehramts Monika Damrat.

